

アカデミックプログラム [B講演] | 01. 化学教育・化学史：口頭B講演

📅 2025年3月27日(木) 10:00 ~ 11:40 🏢 [C]C301(第2学舎 2号館 [3階] C301)

**[[C]C301-2am] 01. 化学教育・化学史**

座長：井奥 洪二、手束 聡子

## 📌 日本語

10:00 ~ 10:20

[[C]C301-2am-01]

不飽和度の考え方をを使うオイラーの多面体定理の証明

○井上 正之<sup>1</sup> (1. 東京理科大学)

## 📌 日本語

10:20 ~ 10:40

[[C]C301-2am-02]

溶液に光で線や絵を描く画期的なフォトクロミック教材の開発と反応速度論的解析

○鈴木 崇広<sup>1</sup>、伊得 和音<sup>2</sup>、井上 正之<sup>1</sup> (1. 東理大理、2. 東理大院理)

## 📌 日本語

10:40 ~ 11:00

[[C]C301-2am-03]

過酸化水素を使わないルミノール反応

○伊得 和音<sup>1</sup>、鈴木 崇広<sup>2</sup>、井上 正之<sup>2</sup> (1. 東理大院理、2. 東理大理)

## 📌 日本語

11:00 ~ 11:20

[[C]C301-2am-04]

手作りウェルプレートを使用した大学1年生に対する金属と水素イオンおよび金属陽イオンの反応に関するマイクロスケール実験の実践

○中川 徹夫<sup>1</sup> (1. 神戸女学院大学)

## 📌 日本語

11:20 ~ 11:40

[[C]C301-2am-05]

化学授業で使える自作太陽炉の開発と物質合成における適用範囲

○植田 和利<sup>1</sup>、網本 貴一<sup>2</sup> (1. 広島市立基町高等学校、2. 西南大)

## 不飽和度の考え方をを使うオイラーの多面体定理の証明

(東理大理) ○井上 正之

Proof of Euler's Polyhedron Theorem with the Idea of Unsaturation

(Tokyo University of Science) ○Masayuki Inoue

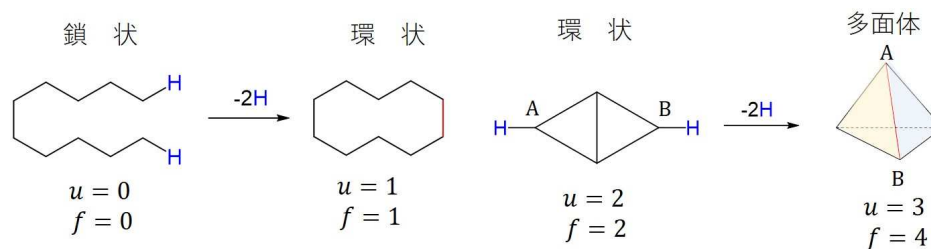
The presenter explores learning materials that approach math from the perspective of chemistry. In this presentation, the proof of Euler's polyhedron theorem will be presented with the idea of "degree of unsaturation" learning in chemistry. The degree of unsaturation  $u$  in a hydrogen compound  $X_vH_n$  of a hypothetical element  $X$  (valence is  $x$ ) is defined as  $u = [(x - 2)v + 2 - n]/2$ . The degree of unsaturation is expressed as  $u = e - v + 1$ ; the number of vertices ( $X$  atoms) is  $v$ , the number of edges is  $e$ , and the number of faces is  $f$ . If a  $X_vH_n$  molecule has a three-dimensional polyhedral structure,  $u = f - 1$ . Then in polyhedron molecules, Euler's polyhedron theorem  $\chi_g = v - e + f = 2$  is shown.

**Keywords :** Euler's Polyhedron Theorem; Degree of Unsaturation

演者は化学の視点から数学にアプローチする学習教材を検討している。本講演では化学で学習する「不飽和度」の考え方をを使うオイラーの多面体定理の証明を紹介する。

仮想元素  $X$  (価数  $x$ ) の水素化合物  $X_vH_n$  における不飽和度  $u$  を  $u = \frac{1}{2}[(x - 2)v + 2 - n]$  と定義する。いま  $X$  原子間の結合はすべて単結合であり、 $X$  原子間の結合距離と  $X$  原子に結合した原子の立体配置は任意に変更できるものとする。 $X_vH_n$  分子を図形と考え、角または頂点 ( $X$  原子) の数を  $v$ 、辺の数を  $e$ 、面の数を  $f$ 、1つの頂点  $i$  に集まる辺の数を  $c_i$  とすると、 $\sum_{i=1}^v c_i = 2e$  であるから  $n = \sum_{i=1}^v (x - c_i) = vx - 2e$  となる。したがって  $u = \frac{1}{2}[(x - 2)v + 2 - (vx - 2e)] = e - v + 1$  が成り立つ。

下図の例のように  $X_vH_n$  が鎖状構造である場合は  $u = 0$ 、環状構造である場合には  $u = f$  が成り立つ。環状構造を多面体構造にする場合には  $H$  原子を 2 個少なくすればよい。このとき  $u$  が 1、 $f$  が 2 増加するので  $u = f - 1$  が成り立つ。以上のことからオイラーの多面体定理  $\chi_g = v - e + f = 2$  が示される。曲面で囲まれた立体図形を  $v \rightarrow \infty$  とした  $X_vH_n$  分子と考える (連続体を不連続体の極限と考える) と、孔があいていない立体図形について一般に  $\chi_g = 2$  が成り立つことが理解できる。講演では孔があいた立体図形のオイラー数  $\chi_g$  を求めるための考え方も紹介する。



## 溶液に光で線や絵を描く画期的なフォトクロミック教材の開発 - 反応速度論的解析 -

(東理大理<sup>2</sup>・東理大院理<sup>1</sup>) ○鈴木 崇広<sup>1</sup>・伊得 和音<sup>2</sup>・井上 正之<sup>1</sup>

Development of an Innovative Photochromic Teaching Material for Drawing Lines and Images in Solution with Light: A Kinetic Analysis (<sup>1</sup>Faculty of Science, Tokyo University of Science, <sup>2</sup>Graduate School of Science, Tokyo University of Science,) ○Takahiro Suzuki,<sup>1</sup> Kanon Ie,<sup>2</sup> Masayuki Inoue<sup>1</sup>

When irradiated with 405 nm visible light, leucomethylene blue, reduced by L-ascorbic acid, undergoes a colorless-to-blue transition, and the solution spontaneously reverts to its colorless state upon standing (Fig. 1). This photochromic reaction is highly sensitive and can be driven by a blue-violet LED lamp, enabling users to draw figures in solution using a laser pointer. Furthermore, kinetic analysis revealed that the optimal reaction conditions are an L-ascorbic acid concentration of 0.2 mol/L and a pH of 2.55. In addition, the reaction rate increases with increasing temperature (Fig. 2). This system is an affordable, safe, and visually engaging tool for teaching photochemical reactions.

**Keywords :** Redox reaction, Photochemistry, Photochromism, Methylene blue, L-Ascorbic acid

L-アスコルビン酸によって還元されたロイコチレンブルーに 405 nm の可視光を照射すると溶液が無色から青色に変化し、溶液を放置すると再び無色の状態に戻る (Fig. 1)。このフォトクロミック反応は、青紫色の LED ライトでも駆動できるほど高い感度を持ち、レーザーポインターを使用して溶液中に図形を描くことができる。さらに、反応速度論的解析により、最適な反応条件として L-アスコルビン酸濃度は 0.2 mol/L、pH は 2.55 であることを明らかにした。また、温度を上昇させると反応速度が大きくなることを確認した (Fig. 2)。このシステムは、安価で安全に光化学反応を扱うことができ、視覚的にも魅力的な教材である。

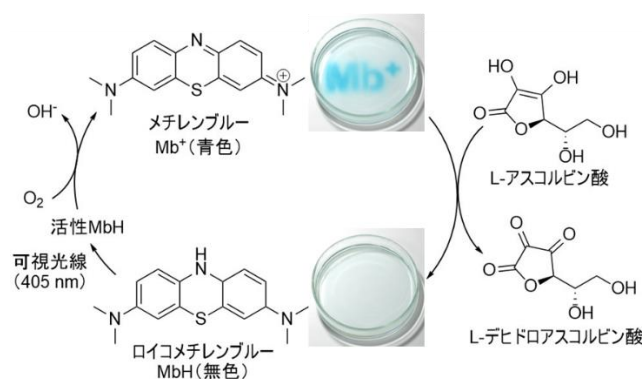


Fig.1 反応メカニズム

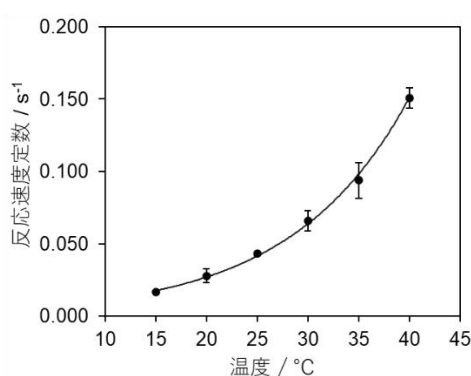


Fig.2 温度と反応速度定数の関係

1) Takahiro Suzuki *et al.*, *RSC Advances* **2024**, *14*, 39708-39714.

## 過酸化水素を使わないルミノール反応

(東理大院理<sup>1</sup>・東理大理<sup>2</sup>) ○伊得 和音<sup>1</sup>・鈴木 崇広<sup>2</sup>・井上 正之<sup>2</sup>

Luminol reaction without utilizing hydrogen peroxide (<sup>1</sup>Graduate School of Science, Tokyo University of Science, <sup>2</sup>Faculty of Science, Tokyo University of Science) ○Kanon Ie,<sup>1</sup> Takahiro Suzuki,<sup>2</sup> Masayuki Inoue<sup>2</sup>

The luminol reaction is widely used in demonstrations and student experiments, and hydrogen peroxide is commonly used as the oxidant. In a previous study, it was shown that by mixing a solution of luminol in dimethyl sulfoxide with saturated sodium hydroxide aqueous solution, dissolved oxygen acts as the oxidant and the reaction proceeds without catalysts. In this study, by replacing the solution of base with alcoholic potash we found that the luminol reaction proceeds with lower concentration of the base. In this reaction, luminescence is emitted when the reaction vessel is shaken and quenched when the vessel is left to stand still. This phenomenon can be observed repeatedly.

**Keywords :** Luminol reaction, Oxygen, Chemiluminescence, Alcohol potash

ルミノール反応は演示や生徒実験で広く利用される反応であり、一般的には過酸化水素が酸化剤として用いられる。これに対して、ルミノールをジメチルスルホキシドに溶解させた溶液と飽和水酸化ナトリウム水溶液を混合することで、溶存酸素が酸化剤となり、触媒なしで反応が進行することが報告されている<sup>1)</sup>。本研究では、塩基の溶液を水酸化カリウムのエタノール溶液（アルコールカリ）に置き換えることで、低濃度の塩基でルミノール反応が進行することを見出した（図1）。この反応では、反応容器を振り混ぜると発光し、静置すると消光する現象を繰り返し観察できる。また発光の強度は、気相中の酸素の濃度によって変化する（図2）。本実験を用いて高校1年生を対象に化学発光の生徒実験を実施し、高校3年生には発光と消光の現象を通じて酸素の関与を考察する探究型授業を行った。

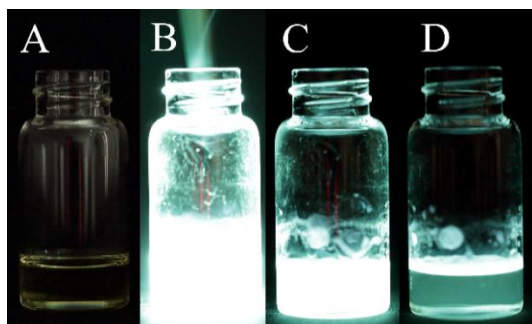


図1 化学発光の様子

Aはアルコールカリ滴下前、Bは滴下直後、Cは1秒後、Dは3秒後

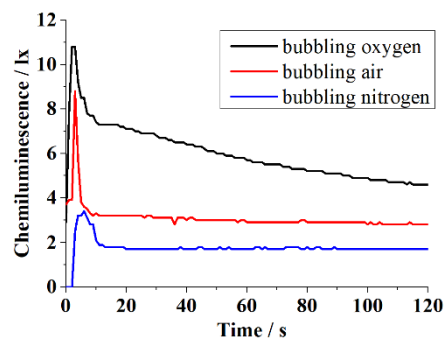


図2 気相の成分と照度

- 1) H. W. Schneider, *J. Chem. Educ.*, **1970**, 47, 519.

## 手作りウェルプレートを使用した大学1年生に対する金属と水素イオンおよび金属陽イオンの反応に関するマイクロスケール実験の実践

(神戸女学院大人間科学) ○中川 徹夫

Practice Lessons of Microscale Experiments on Reaction of Metals with Hydrogen Ions and Metal Cations to First-Year University Students using Handmade Well Plates (*School of Human Sciences, Kobe College*) ○Tetsuo Nakagawa

We calculated reaction enthalpies  $\Delta_r H^\circ$ , entropies  $\Delta_r S^\circ$ , and Gibbs energies  $\Delta_r G^\circ$  for the reactions of metals (Cu, Zn and Mg) with hydrogen ion  $H^+$  and with metal cations ( $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  and  $Mg^{2+}$ ) under standard conditions using CRC handbook<sup>1)</sup>, and examined the spontaneity and the driving force of the reactions. Next, we developed the microscale experiment teaching materials on these reactions using low-cost handmade well plates<sup>2)</sup>, and found that the reactions of metals with  $H^+$ <sup>3)</sup> and with metal cations<sup>4)</sup> occur immediately if the  $\Delta_r G^\circ$  values are negative (See, Figs. 1 and 2). This time, we have conducted a class using this teaching material for first-year university students. The post-experiment reports indicate that the students generally understood the content of the class.

**Keywords :** Microscale Experiment; Metal; Hydrogen Ion; Metal Cation; Practical Lesson

金属 (Cu、Zn と Mg) と水素イオン  $H^+$  および金属陽イオン ( $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  と  $Mg^{2+}$ ) の反応について、CRC ハンドブック<sup>1)</sup>を用いて、標準状態における反応エンタルピー  $\Delta_r H^\circ$ 、反応エントロピー  $\Delta_r S^\circ$  および反応ギブズエネルギー  $\Delta_r G^\circ$  を算出し、反応の自発性や駆動力について検討した。続いて、安価な手作りウェルプレート<sup>2)</sup>を用いてこれらの反応に関するマイクロスケール実験教材を開発した。 $\Delta_r G^\circ$  の値が負であれば、金属と水素イオン<sup>3)</sup> および金属陽イオン<sup>4)</sup> が即座に反応することが確認できた (図 1 および 2 参照)。今回、大学1年生を対象にこの教材を用いた授業を実施した。提出された実験レポートの結果より、学生が概ね授業内容を理解できている様子が窺える。



Fig. 1 Reactions of Metals with  $H^+$   
(11)  $Cu + 2H^+$  (12)  $Zn + 2H^+$  (13)  $Mg + 2H^+$   
 $\Delta_r G^\circ > 0$   $\Delta_r G^\circ < 0$   $\Delta_r G^\circ < 0$



Fig. 2 Reactions of Metals with Metal Cations  
(11)  $Zn + Cu^{2+}$  (12)  $Cu + Zn^{2+}$   
 $\Delta_r G^\circ < 0$   $\Delta_r G^\circ > 0$

本研究は、JSPS 科研費 24K05954 の助成を受けたものである。

- 1) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 100<sup>th</sup> Edition, CRC Press, Boca Raton, **2019**.
- 2) T. Nakagawa, *School Science Review*, **2021**, 103(382), 23.
- 3) 中川徹夫, 日本理科教育学会第 74 回全国大会発表論文集, **2024**, (22), p. 410.
- 4) 中川徹夫, 日本教科教育学会第 50 回全国大会論文集, **2024**, pp. 75-76.

## 化学授業で使える自作太陽炉の開発と物質合成における適用範囲

(広島市立基町高等学校<sup>1</sup>・西南大人間科学<sup>2</sup>) ○植田 和利<sup>1</sup>・網本 貴一<sup>2</sup>

Developing Self-made Solar Furnaces for Chemical Teaching and Their Applications in Material Synthesis (<sup>1</sup>Hiroshima Municipal Motomachi Senior High School, <sup>2</sup>Faculty of Human Sciences, Seinan Gakuin University)○Kazutoshi Ueda,<sup>1</sup> Kiichi Amimoto<sup>2</sup>

A solar furnace, which can convert solar energy into heat energy, provides a convenient heat source for chemical reactions that require high temperatures, and help students experience the power of solar energy. However, the furnace's large size makes it difficult to transport and use in the classroom. This study made portable solar furnaces with various sizes of easily available Fresnel lenses, and examined the application potential of them as teaching tools for material synthesis in chemistry at high school. By selecting each self-made solar furnace according to the students' learning status, the experimental conditions in the classroom, and the possibilities of material synthesis, effective inquiry activities can be expected in learning the transformation of matter as well as thermochemical aspects of chemical reactions.

**Keywords :** Solar Furnace; Material Synthesis; Energy Conversion; Self-made Teaching Tool; Lesson Practice

太陽光エネルギーを熱エネルギーとして利用できる太陽炉は、高温を必要とする化学反応の手軽な熱源を供給する<sup>1)</sup>とともに、生徒が太陽光エネルギーの威力を感じ取るのに有用であるが、その筐体の大きさから運搬しにくく、教室での活用は困難であった。本研究では、入手しやすい種々の大きさのフレネルレンズを用いて可搬型太陽炉を自作し、高等学校化学における物質合成のための教具としての適用性を検討した。

自作太陽炉 A~C の写真を図 1、光学系を表 1 にそれぞれ示す。なお、H は市販されている太陽炉である。太陽炉の到達温度は F 値(レンズの焦点距離/レンズの口径)とレンズの大きさで決まる。到達温度が H に匹敵する A は可搬性が若干劣るが、アルミナと酸化クロムの混合物を溶融してルビーを合成できる。可搬性に優れある程度の高温が期待できる B

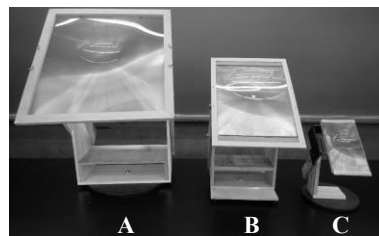


図 1

表 1

|   | レンズ          |         |      | 出力**   |
|---|--------------|---------|------|--------|
|   | 大きさ          | 焦点距離    | F 値* |        |
| A | 500×450 mm   | 400 mm  | 0.75 | 225 W  |
| B | 360×295 mm   | 275 mm  | 0.75 | 106 W  |
| C | 250×140 mm   | 130 mm  | 0.62 | 35 W   |
| H | 1400×1050 mm | 1000 mm | 0.73 | 1470 W |

\*レンズ面積を円形に換算して求めた値

\*\*日射量を 1 kW/m<sup>2</sup> として求めた値

は、ルビー合成はできないが、鉄の製錬が行える<sup>2)</sup>。C は雑貨店で入手できるレンズを利用したもので、マラカイトのミニスケール還元等の卓上実験に適用できる。生徒の学習状況や実験室環境、可能となる物質合成などに応じてこれらの自作太陽炉を選択することで、化学反応の熱化学的側面だけでなく、物質の変化を学ぶ上で効果的な探究活動が期待できる。

1) 植田和利, 伊東和彦, 上原誠一郎, 宮崎一博, 佐藤博樹, 化学と教育 **2013**, 61, 610.

2) 植田和利, 伊東和彦, 上原誠一郎, 佐藤博樹, 科学教育研究 **2016**, 40, 334.